

И. И. ШИЛОВА, Н. Б. ЛОГИНОВА

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКА ОТВАЛОВ ПРЕДПРИЯТИЙ
ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ
НА НИХ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ**

Наиболее опасным в отношении загрязнения окружающей среды и одним из наиболее трудных для биологической рекультивации типом отвалов являются отвалы, образованные отходами обогатительных производств предприятий цветной металлургии. Отрицательное воздействие их на окружающую природную среду связано с загрязнением ее токсичными веществами, поступающими в биосферу в результате денудационных процессов и биогеохимической миграции подвижных элементов, входящих в состав слагающих отвалы субстратов. Комплексируясь с ядовитыми ингредиентами атмосферных выбросов предприятий цветной металлургии (Тарчевский, 1964; Шестакова, Казанцева, 1969), эти вещества вызывают гибель растительности, снижают плодородие почв, отравляют водные источники, являются причиной специфических заболеваний людей и животных. Тем не менее, работы по обезвреживанию отвалов обогатительных производств предприятий цветной металлургии методами биологической рекультивации в производственных масштабах еще не ведутся, да и исследовательские работы по их фитомелиорации проводятся совсем недавно. По-видимому, впервые в стране они были начаты только в 1960 г. Уральским университетом под руководством В. В. Тарчевского на шламовых отвалах алюминиевых заводов Урала (Тарчевский, 1963; Тарчевский и др., 1963; Шилова, 1964, 1966, 1972). Затем исследования были продолжены лабораторией промышленной ботаники Уральского университета на отвалах заводов и обогатительных фабрик цветной металлургии Урала, Сибири и Средней Азии, образующихся при производстве меди, молибдена, вольфрама, никеля и сурьмы (Тарчевский, 1967; Тарчевский, Автоноева, 1969; Логинова, 1969; Шик, 1969; Шилова, Логинова, 1970) и группой биологической консервации хвостохранилищ института «Казмеханобр» на отвалах золотообогатительных фабрик Урала и отвалах полиметаллических предприятий Казахстана и Сибири (Олейников, Дурова, 1969, 1971). Опубликованы также данные эпизодического изучения отвалов золотообогатительных фабрик Урала Институтом экологии растений и животных УФАИ СССР (Горчаковский и др., 1966). Из иностранных работ по рекультивации

отвалов рассматриваемого типа необходимо указать на исследования Т. Н. Петерса (Peters, 1968), К. С. Дина и др. (Dean, Dolezal and Havens, 1969), Дж. С. Дугласа (Douglas, 1969), У. А. Берга (Berg, 1970). Судя по их данным, масштаб подобных исследований за рубежом также невелик.

В данном сообщении в обобщенном виде излагаются основные результаты изучения экологических условий на отвалах алюминиевых заводов (шламовые поля) и обогатительных фабрик (хвостохранилища) вольфрамово-молибденовых комбинатов и работ по их фитомелиорации, выполненных в 1962—1971 гг. авторами. Учтены также материалы упомянутых выше опубликованных статей других исследователей.

Объектами исследования являлись шламовые поля Уральского и Богословского алюминиевых заводов (УАЗ и БАЗ) на Урале, хвостохранилища обогатительных фабрик Джидинского вольфрамово-молибденового комбината в Бурятии и Сорского молибденового комбината в Хакасии. Все эти отвалы, за исключением шламового поля БАЗа, расположены в лесостепной зоне, но в разных ее физико-географических провинциях и различных геоморфологических условиях: отвал УАЗа — в равнинном Зауралье на высоте 150—200 м над уровнем моря (Исетская провинция), хвостохранилища Джидинского и Сорского комбинатов — в горной местности на южном склоне хребта Хамар-Дабан системы Восточного Саяна (Хамар-Дабанская провинция, пояс лесостепи) и среди лесистых сопок Батеневского кряжа — отрога Кузнецкого Алатау (Минусинская провинция) на высотах 800—1100 м над уровнем моря. Отвал БАЗа находится в подзоне средней тайги восточных предгорий Северного Урала (провинция Ивдельское Зауралье) со средними высотами 250—300 м (Физико-географическое районирование СССР, 1968).

Результаты наших исследований, как и литературные данные, свидетельствуют о том, что субстраты отвалов рассматриваемого типа настолько преобразуют экологическое действие атмосферных факторов, обусловленных физико-географическими особенностями районов расположения отвалов, что эти особенности как бы нивелируются, отходят на второй план. Являясь аazonальными образованиями, отвалы предприятий цветной металлургии во всех зонах представляют собой безжизненные техногенные пустыни и от физико-географических условий зон зависит лишь видовой состав пионерных растений, способных поселяться на них. Все остальное — экологический состав поселяющихся растений, скорость зарастания, ход сингенеза в целом, успех фитомелиорации — зависит в основном от свойств субстратов отвалов. Поэтому при изучении экологической специфики данных отвалов основное внимание должно быть уделено характеристике эдафических факторов как решающих в этих условиях.

Рассматриваемые отвалы, как правило, сложены тонкодисперсным эрозийноопасным материалом. Так, содержание частиц диа-

метром 0,1—0,5 мм, обладающих наиболее активной эрозионно-разрушительной силой (Якубов, 1959; Вараксина и др., 1970), в шламе и хвостах велико и составляет для слоя 0—40 см в среднем: в шламе УАЗа — 40,5% (а в наиболее распыленном поверхностном слое 0—5 см даже 60,4%), в хвостах, соответственно: Сорск — 78,2% и Джида — 70,4% (молибденовый отвал) и 32,2% (вольфрамовый отвал) на сухую навеску (в контрольной почве — только 2,8%). Пыление отвалов начинается даже при ветре незначительной силы (4—5 м/сек на высоте 1 м над поверхностью субстрата). Нередко наблюдаются пыльные бури с хвостохранилищ и шламовых отвалов.

Шламы и хвосты могут рассматриваться в качестве материнской породы, на которой впоследствии разовьется почва. Как указывает А. П. Шенников (1964), одним из условий, определяющих состав, химизм и физические особенности первично-минеральной части почвы, в свою очередь влияющих на биологические и биохимические процессы в почве, являются минералогический состав материнской породы (грунта). С минералогическим составом почв связаны резервы элементов питания растений (Горбунов, 1959, 1969, 1970).

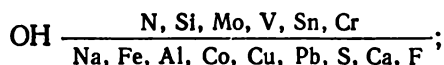
По минералогическому составу основную массу красного шлама (более 90%) составляют железо- и алюмосодержащие минералы — гидрогетит, лимонит, шамозит, пирит, натролит, диаспор и др. Флотационные хвосты указанных обогащательных фабрик характеризуются преобладанием кварца и значительным количеством пирита, халькопирита, флюорита. Агрономическое значение всех этих минералов, безусловно, невелико. Они неблагоприятны для почвообразовательного процесса, не могут обогатить субстрат элементами питания и улучшить его водно-физические свойства. Кроме того, при их выветривании освобождаются большие количества железа, алюминия, натрия и серы.

В валовом химическом составе красного шлама преобладают окислы металлов (66—72% в спекательном шламе и 77—85% в гидрохимическом), в том числе 24—53% Fe_2O_3 , 11,0—14,5% Al_2O_3 , 10,6—30% CaO , 2,5% Na_2O и др. Кроме того, присутствуют соединения Mn , Pb , Mg , Zn , Cu , Mo , S , F и некоторых других элементов. При спектрографическом анализе обнаружено содержание 25—26 элементов. Химический состав флотационных хвостов обогащательных фабрик характеризуется высоким содержанием SiO_2 (70—85%), Fe_2O_3 и Al_2O_3 (9—22%), а также CaO (0,6—4,2%). При спектрографическом анализе обнаружено содержание в них 18—23 элементов.

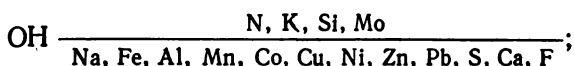
Сравнение содержания некоторых элементов в шламе и хвостах с содержанием их в почве свидетельствует об аномально повышенном (на 1—2 математических порядка превышающем величины, характерные для почв) количестве в них ряда элементов, в том числе токсических для растений — Ni , Co , Pb , S и др.

Элементы и химические соединения, содержащиеся в отвалах,

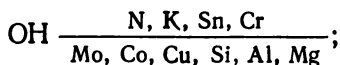
отражают геохимическую специфику этих особых редких типов техногенного ландшафта. Сокращенные геохимические формулы (Перельман, 1961) их следующие: для шламового отвала БАЗа —



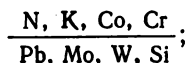
для шламового отвала УАЗа —



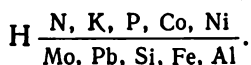
для хвостохранилища Сорского молибденового комбината —



для хвостохранилища Джидинской вольфрамовой обогатительной фабрики —



для хвостохранилища Джидинской молибденовой обогатительной фабрики —



Исходя из этих данных, можно наметить общее направление мелиоративных мероприятий, направленных на устранение отрицательных свойств субстратов рассматриваемых техногенных ландшафтов. Для преобразования их в культурное состояние необходимо, очевидно, добавить в субстраты недостающие элементы и уменьшить содержание избыточных, или перевести последние в неактивное состояние.

Результаты агрохимического анализа шлама и флотационных хвостов (табл. 1) подтвердили эти данные и показали практическое отсутствие в субстратах органических веществ, в частности, гумуса, отсутствие подвижного азота и крайне малые количества общего азота, бедность (кроме шлама БАЗа) подвижными формами калия, а в шламах — также и фосфора.

Шлам и хвосты характеризуются различной реакцией среды, что обусловлено применяемой технологией обогащения руд. Диапазон реакции — от сильнокислой до сильнощелочной, но во всех случаях эти величины близки к верхнему и нижнему пределам pH для почвы и к показателям, наиболее неблагоприятным для роста и развития растений. Так, pH шлама равен 9,4—10,6, достигая даже 11,3 в сухие периоды лета в верхних слоях (отвал БАЗа); pH хвостов колеблется от 4 (Джида) до 7,7 (Сорск). При указанных величинах pH щелочность и кислотность растворов становятся одним из доминирующих факторов в условиях рассматриваемых отвалов и обуславливают степень фитотоксичности шлама и хво-

Агрохимическая характеристика шламов и хвостов (слой 0—40)

Субстрат	Объект	рН солевой	Сухой остаток (средневзвешенная величина), %	Азот общий, %	Гумус (по Тюрингу), %	Подвижные элементы, мг/100г	
						К ₂ O (по Масловой)	P ₂ O ₅ (по Мачигину)
Красный шлам	УАЗ	9,4	0,62	0,03	0,08	4,8	1,5
	БАЗ	10,6	1,18	0,03	0,13	17,7	1,4
Хвосты молибденовых обогатительных фабрик	Сорск	7,7	0,03	0,02	0,42	5,0	20,0
	Джида	4,0	0,23	0,00	0,51	1,0	3,0
Хвосты вольфрамовой обогатительной фабрики	Джида	6,3	0,11	0,00	0,47	2,0	19,0

стов. Вредное действие высокой кислотности ($\text{pH} < 4$) и высокой щелочности ($> 9,0$) в данном случае усугубляется переходом в подвижное состояние железа и алюминия, содержащихся в шламе и хвостах в избытке. Так, например, в красном шламе УАЗа в доступной для растений форме железа содержится в среднем в 10 раз (0,45%) и алюминия в 100 раз (0,40%) больше, чем в почвах окружающей отвал местности.

Анализ водной вытяжки показал, кроме того, что шлам является сильнозасоленным субстратом. Средневзвешенная величина засоления шлама УАЗа в слое 0—40 см равна 0,63%, шлама БАЗа — соответственно 1,18%. По катионам засоление характеризуется как натриевое, по анионам — сульфатно-содовое. Для хвостов характерно отсутствие засоления: величина плотного остатка колеблется в пределах 0,03—0,23%.

Одной из возможных причин фитотоксичности хвостов является, по-видимому, также наличие среди компонентов флотореагентов высокотоксичных соединений типа цианистых, судьба которых на отвалах еще не прослежена.

В целом рассматриваемые отвалы являются одним из частных случаев техногенных экотопов и характеризуются сочетанием специфических отрицательных для живых организмов свойств и факторов, основные из которых следующие: а) сильнощелочная или сильнокислая реакция растворов, б) отсутствие гумуса, в) отсутствие азота и бедность другими элементами питания растений, г) фитотоксичность, являющаяся следствием опасной реакции растворов, высокого содержания Al, Fe, Zn, Ni и ряда других элементов, а также наличия физиологически вредных солей (соды, сернокислого

натрия и др.) и флотореагентов, применяемых в производстве, д) бесструктурность и отрицательные водно-физические свойства.

Согласно классификации пород по степени пригодности их для сельскохозяйственных культур Н. И. Горбунова (Горбунов, Туник, 1969; Туник, Горбунов, 1969; Горбунов и др., 1970, 1971), субстраты шламовых полей и хвостохранилищ предприятий цветной металлургии принадлежат к группе пород, нуждающихся в коренном улучшении.

Кроме вышесказанного, на произрастание растений отрицательное влияние оказывают суровые микроклиматические условия отвалов (частые сильные ветры, незначительная мощность снегового покрова, промерзание субстратов), явления ветровой и водной эрозии, а также загрязнение воздуха над отвалами пылью и токсичными для растений газообразными веществами — отходами производства, в частности, фтористыми соединениями и сернистым газом.

Заселение поверхности хвостохранилищ обогатительных фабрик (даже 37-летнего возраста) высшими растениями естественным путем отсутствует, а на шламовых отвалах протекает исключительно медленно. В период исследований растительность последних была представлена одиночными растениями — пионерами, случайными экотопическими группировками, а на отвале УАЗа — еще и одновидовым открытым фитоценозом из сведы рожконосной (*Suaeda corniculata* (C. A. Mey.) Bge.). Естественная растительность покрывает очень незначительную часть поверхности шламовых отвалов. В связи с этим ориентироваться на возможности выполнения естественной растительностью противозрозионной функции бесперспективно. Фитомелиорация отвалов рассматриваемого типа возможна лишь путем создания на их поверхности культурфитоценозов из тех немногих растений, которые способны адаптироваться к крайне специфичным и неблагоприятным для их жизни условиям.

Основные особенности биологической рекультивации отвалов рассматриваемого типа определены спецификой экотопа отвалов, главным образом, эдафической. Из анализа этой специфики, а также состояния естественного зарастания шламов и хвостов следует, что без мелиорации данных субстратов затруднено (или совсем невозможно) не только возделывание на них культурных растений, но и произрастание видов местной дикой флоры; фитомелиорация такого типа отвалов возможна лишь после устранения (или ослабления) вредных свойств слагающих их субстратов и обогащения последних элементами питания растений. Наши опыты подтвердили это предположение.

Целью опытов, проведенных на указанных объектах, являлось выяснение возможности создания на них устойчивых многолетних культурфитоценозов санитаривного и одновременно декоративно-озеленительного типа. В задачи исследований входило выявление пригодности субстратов шламовых полей алюминиевых

заводов и отвалов обогатительных фабрик вольфрамово-молибденового производства для биологической рекультивации, изучение способов мелиорации субстратов, исследование особенностей роста и развития многолетних травянистых растений и выявление наиболее перспективных видов для озеленения отвалов.

Серия опытов, проведенных на указанных отвалах, включала проверку ряда способов улучшения субстратов, таких, как покрытие субстрата почвой слоем 2, 3, 4, 6 и 10 см и торфом слоем 6 см; внесение в субстраты минеральных удобрений в различных сочетаниях и дозах, ионитов, насыщенных элементами питания растений, ила очистных сооружений, полиакриламида, микроудобрений, расщелачивание шлама при помощи кислот, физиологически кислых солей и кислой золы каменного угля (из топок котлов), а на хвостах отвалов Джидинского комбината — их известкование для нейтрализации излишней кислотности.

Ассортимент растений, испытанных и участвовавших в опытах в настоящее время, представлен, в основном, многолетними злаковыми и бобовыми видами и включал (вместе с коллекционными участками) более 150 видов растений.

Большая часть названных и проверенных в опытах способов мелиорации шламового субстрата дала отрицательный результат. Временный положительный эффект получен лишь при создании на поверхности шлама почвенного покрытия мощностью не менее 6 см и внесении в шлам ила очистных сооружений из расчета 300 м³/га. Наблюдения за состоянием посевов в этих вариантах в течение восьми лет показали, что и в этих случаях, начиная с 4—5 года существования посевов, происходит дигрессия травостоя, обусловленная просолением нанесенного слоя почвы или слоя, обогащенного илом, вследствие капиллярного поднятия засоленной влаги из толщ основного субстрата.

На хвостохранилищах Джидинского и Сорского комбинатов обнадеживающие результаты, по данным двух и четырех вегетационных периодов, дали посевы в варианте с нанесением 10-сантиметрового почвенного покрытия на субстрат отвала с внесением и без внесения минеральных удобрений. Однако, как показали наблюдения за посевами на хвостохранилище вольфрамовой и молибденовой обогатительных фабрик Джидинского комбината, для удовлетворительного роста и развития растений эти способы улучшения субстратов отвалов недостаточны.

Выявлены наиболее перспективные для фитомелиорации отвалов лесостепной зоны виды растений (табл. 2). Исходя из найденного ассортимента, можно рекомендовать дальнейшее изучение на всех отвалах предприятий цветной металлургии, расположенных в лесостепной и смежных лесной и степной зонах, прежде всего видов растений, перечисленных в таблице, а также расширить испытание растений из родов *Agropyrum*, *Puccinellia* и *Clinelymus*. Ассортимент растений для отвалов, расположенных в аридных зонах и подзонах, нуждается в самостоятельной разработке.

**Ассортимент многолетних травянистых растений, перспективных
для закрепления отвалов предприятий цветной металлургии ***

Вид растения	Наличие видов, перспективных по данным испытания		
	шламовый отвал УАЗа (5 лет)	хвостохранилища	
		Джидинского комбината (2 года)	Сорского комбината (4 года)
<i>Agropyrum intermedium</i> (Host) Beauv.	+	+	+
<i>Agropyrum pectiniforme</i> Roem. et Schult	+	не испытывался	
<i>Agropyrum repens</i> (L.) Breuv	+	+	+
<i>Agropyrum tenerum</i> Vasey.	+	+	+
<i>Bromus inermis</i> Leyss.	+	+	+
<i>Clinelymus sibiricus</i> (L.) Nevski . .	не испытывался		+
<i>Festuca rubra</i> L.	+	+	+
<i>Puccinellia hauptiana</i> (Trin.) V. Krecz.	+	не испытывался	
<i>Roegneria fibrosa</i> (Schrenk.) Nevski .	+	+	+
<i>Medicago media</i> Pers.	+	—	+

* + перспективные растения; — бесперспективные растения.

Сравнение многолетних злаковых и бобовых растений в чистых посевах и травосмесях на отвале УАЗа показало преимущество чистых посевов. Все травосмеси, в конечном итоге, деградируют в направлении преобладания какого-либо одного вида, и формирование культурфитоценозов происходит по типу одновидовых. Подобный процесс отмечен и для золоотвалов некоторых тепловых электростанций Урала (Пикалова, 1966) и Сибири (Хамидулина, 1969), а также наблюдается на токсичных грунтосмесьях отвалов буроугольных разработок (Моторина и др., 1969).

В конечном итоге, отвалы, образованные отходами производств предприятий цветной металлургии, в связи с сочетанием ряда специфических отрицательных свойств и факторов, являются чрезвычайно тяжелыми объектами для биологической рекультивации. Некоторый успех, полученный при нанесении на них 6—10 см слоя почвы, свидетельствуя о возможности их фитомелиорации, не обеспечивает длительного и устойчивого эффекта вследствие быстрого отравления почвы, перекрытия ее субстратом отвала в результате ветровой эрозии, гибели растительности.

Положительный результат при проведении биологической рекультивации отвалов рассматриваемого типа, сложных токсичными материалами, возможен, очевидно, только при осуществлении коренной мелиорации, основным моментом которой должна быть

изоляция корней выращиваемых растений от отрицательного влияния субстрата отвалов.

В числе перспективных способов коренной мелиорации, нуждающихся в специальном изучении, следует назвать, прежде всего, нанесение на субстрат отвалов мощного слоя плотного экранирующего грунта (типа тяжелых глин), который предупредит засоление верхних корнеобитаемых слоев и обеспечит более или менее длительное устранение специфического воздействия субстрата отвала на растительность (но, очевидно, не исключит его полностью). Подобного рода соображения в печати уже высказывались (Моторина и др., 1971). Кроме того, можно ожидать, что не менее перспективным окажется покрытие отвалов обогатительных предприятий цветной металлургии каменистой горной породой, извлекаемой из шахт и карьеров при добыче сырья для этих же предприятий. Как правило, доставка горной породы на отвалы рассматриваемого типа вследствие близости расположения рудников к обогатительным предприятиям не связана с большими экономическими затратами. Вместе с тем нанесение на поверхность хвостохранилищ и шламовых отвалов горной породы, между отдельностями которой имеются большие воздухоносные полости, исключит или, во всяком случае, ограничит капиллярное поднятие солевых растворов из субстрата к поверхности и создаст тем самым экранирующий слой, защищающий растительность от какого-либо эдафического воздействия субстрата отвалов. Последующее нанесение на каменисто-щебнистый экранирующий слой плодородного почвенного слоя даже небольшой мощности (от 10 см) сделает возможным заселение поверхности отвала представителями местной флоры и создание постоянно действующих культурфитоценозов различного характера и назначения.

Применение химических способов мелиорации, а также длительное промывание засоленных отвалов пресными водами, несмотря на предполагаемую их эффективность, являются экономически дорогостоящими мероприятиями, а на ряде отвалов и технически неосуществимыми. Тем не менее, поиск эффективных и экономически оправданных способов мелиорации шламов или хвостов обогатительных фабрик путем сочетания фитомелиоративных методов с химическими также целесообразен.

Использование перечисленных способов коренной мелиорации даст возможность решить задачу превращения «индустриальных пустынь» рассматриваемого типа в элемент культурного ландшафта.

ЛИТЕРАТУРА

Вараксина Е. Г., Невоструев В. Ф., Пермяков Ф. И., 1970. Борьба с эрозией почв. Ижевск, «Удмуртия».

Виноградов А. П., 1957. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М., АН СССР.

Горбунов Н. И., 1959. Значение минералов для плодородия почв. «Почвоведение», № 7.

Горбунов Н. И., 1969. Минералы как источники общих, непосредственных, ближних и потенциальных резервов зольных элементов. «Агрохимия», № 9.

Горбунов Н. И., 1970а. Минералогия и ее связь с почвоведением и агрохимией. «Почвоведение», № 2.

Горбунов Н. И., 1970б. Химико-минералогические признаки пригодности вскрышных пород для использования при биологической рекультивации. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск, «Наука».

Горбунов Н. И., Бекаревич Н. Е., Етеревская Л. В., Моторина Л. В., Туник Б. М., 1971. Классификация пород по степени их пригодности в сельском хозяйстве. «Почвоведение», № 11.

Горбунов Н. И., Бекаревич Н. Е., Михайлова З. Н., 1970. Химико-минералогический состав и свойства почв и пород, нарушенных промышленностью, как показатели их пригодности в сельском хозяйстве. «Почвоведение», № 8.

Горбунов Н. И., Туник Б. М., 1969. Минералогический состав, свойства и плодородие почв и пород, нарушенных промышленностью. «Почвоведение», № 12.

Горчаковский П. Л., Мамаев С. А., Николаевский В. С., 1966. Закрепление растительностью отвалов золотодобывающей промышленности. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 5. Свердловск, УФАН СССР.

Логонова Н. Б., 1969. Естественная растительность на отходах вольфрамово-молибденовой обогащательной фабрики. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Моторина Л. В., Ижевская Т. И., Чеклина В. Н., 1969. Особенности развития травянистых культур на грунтосмесьх отвалах буроголистных разработок. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Моторина Л. В., Зайцев Г. А., Ижевская Т. И., Савич А. И., Чеклина В. Н., 1971. Временные методические указания к подготовке технических условий для проектирования рекультивации территорий, нарушенных открытыми горными работами. М., Минсельхоз СССР.

Олейников А. Г., Дурова Р. А., 1969. Борьба с пылением хвостохранилищ предприятий цветной металлургии путем покрытия их многолетней растительностью. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Олейников А. Г., Дурова Р. А., 1971. О специфике роста растений некоторых видов в условиях Балхашского хвостохранилища. В сб. «Очистка сточных и оборотных вод предприятий цветной металлургии», вып. 2. Алма-Ата, Казмеханобр.

Перельман А. И., 1961. Геохимия и ландшафты. М., «Знание».

Пикалова Г. М., 1966. О взаимоотношении ковра безостого и люцерны синегрибной при выращивании их на каменноугольной золе. В сб. «Физиолого-биохимические основы взаимного влияния растений в фитоценозе». М., «Наука».

Тарчевский В. В., 1963. Промышленные отвалы и их освоение. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 4. Свердловск, УФАН СССР.

Тарчевский В. В., 1964. Влияние дымо-газовых выделений промышленных предприятий Урала на растительность. В сб. «Растения и промышленная среда». Свердловск, УрГУ.

Тарчевский В. В., 1967. Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах. Автореф. докт. дисс. Томск.

Тарчевский В. В., Автонева Р. В., 1969. Растительность отвалов никелевых шлаков. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Тарчевский В. В., Беспрозвана С. Я., Власова Г. М., Хамиду-

лина М. В., Шилова И. И., Агафонова С. В., 1963. Окультивирование и рациональное использование промышленных отвалов. В сб. «Тезисы докладов IV межвузовской конференции «Университеты — сельскому хозяйству». ЛГУ.

Тунник В. М., Горбунов Н. И., 1969. Минералогические и другие признаки пригодности горных пород марганцевых карьеров для выращивания сельскохозяйственных растений. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Физико-географическое районирование СССР, 1968. МГУ.

Хамидулина М. В., 1969. Формирование культурфитоценозов на золе каменного угля Кузнецкого месторождения. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Шенников А. П., 1964. Введение в геоботанику. ЛГУ.

Шестакова Г. А., Казанцева Г. Г., 1969. Последствия загрязнений почвы атмосферными выбросами предприятий цветной металлургии. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Шик В. М., 1969. Возможности произрастания растительности на отвалах сурьмяного комбината. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Шилова И. И., 1964. Рост и развитие некоторых многолетних злаковых и бобовых трав первого года жизни на шламовом поле УАЗа. В сб. «Растения и промышленная среда». Свердловск, УрГУ.

Шилова И. И., 1966. Экологическая характеристика шламового отвала Уральского алюминиевого завода и проблема его консервации. «Сб. работ Свердловской гидрометеорологической обсерватории», вып. 5.

Шилова И. И., 1972. Формирование растительности и биологические особенности некоторых видов растений на шламовых отвалах алюминиевых заводов Урала. Автореф. канд. дисс. Свердловск.

Шилова И. И., Логинова Н. Б., 1970. Отвалы предприятий цветной металлургии и их консервация. В кн. «Научные основы охраны природы и их преподавание в высшей и средней школе». Томск, ТГУ.

Якубов Т. Ф., 1959. Новые данные по изучению ветровой эрозии почв и борьбе с ней. «Почвоведение», № 7.

Berg W. A., 1970. How to Promote Plants in Mine Wastes. "Mining Engineering", 67, N 11, November.

Dean K. C., Dolezal H. and Havens R., 1969. New Approaches To Solid Mineral Wastes. "Mining Engineering", 23, N 3, March.

Douglas J. S., 1969. Rehabilitation of mined areas. "Mining Magazine", 120, N 2, February.

Peters T. H., 1968. Reclamation of mill tailing ponds. "Western Miner", 41, N 8, August.